

(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 942 266 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
15.09.1999 Patentblatt 1999/37

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G01J 3/28, G01J 3/18

(21) Anmeldenummer: 98104395.3

(22) Anmeldetag: 11.03.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

• Centre Suisse d'Electronique et de  
Microtechnique SA (CSEM)  
8048 Zürich (CH)

(72) Erfinder: Teichmann, Helmut  
8047 Zürich (CH)

(71) Anmelder:  
• Gretag-Macbeth AG  
8105 Regensdorf (CH)  
• Enviros Monitors Limited  
Totnes, Devon TQ9 5AL (GB)

(74) Vertreter:  
Schwabe - Sandmaier - Marx  
Stuntzstrasse 16  
81677 München (DE)

## (54) Spektrometer

(57) Ein Spektrometer umfasst eine Optikanordnung zum Auffangen von Messlicht und zur Aufspaltung desselben in Spektralanteile und eine von den Spektralanteilen des Messlichts beaufschlagte fotoelektrische Wandleranordnung zum Umwandeln der Spektralanteile in entsprechende elektrische Signale. Die Optikanordnung (O) weist einen im wesentlichen transparenten Tragkörper (T) auf, der im wesentlichen durch zwei gegenüberliegende Begrenzungsflächen (1,2) begrenzt ist und an dem ein Reflexionsbeugungsgitter (20) und die Wandleranordnung (W) angeordnet sind und dem das Messlicht über einen Lichteinlass (10) zuführbar ist. Der Lichteinlass (10), das ebene Reflexionsbeugungsgitter (20) und die Wandleranordnung (W) sind auf der Seite der ersten (1) der beiden Begrenzungsflächen (1,2) des Tragkörpers (T) angeordnet, und die zweite (2) der beiden Begrenzungsflächen (1,2) ist ganz oder teilweise als vorzugsweise rotationssymmetrischer, nach innen reflektierender Konkavspiegel ausgebildet. Der Tragkörper (T) besteht vollständig aus einem transparenten Kunststoff und umfasst drei optisch miteinander verbundene Teilkörper (T1, T2, T3), von denen ein erster Teilkörper (T1) die erste Begrenzungsfläche (1) und ein zweiter Teilkörper (T2) die zweite Begrenzungsfläche (2) des Tragkörpers (T) aufweist und ein dritter Teilkörper (T3) zwischen dem ersten und dem zweiten Teilkörper (T1, T2) angeordnet ist. An der ersten Begrenzungsfläche (1) sind optisch wirksame Mikrostrukturen vorgesehen, welche den Lichteinlass (10) und das Reflexionsbeugungsgitter (20) bilden. Die Zuführung des Messlichts erfolgt über eine oder mehrere Lichtleitfasern (F) parallel zur ersten Begrenzungsfläche (1).

Das Spektrometer bietet die Voraussetzungen für eine starke Miniaturisierung und eignet sich sehr gut für eine einfache und kostengünstige Serienfertigung.

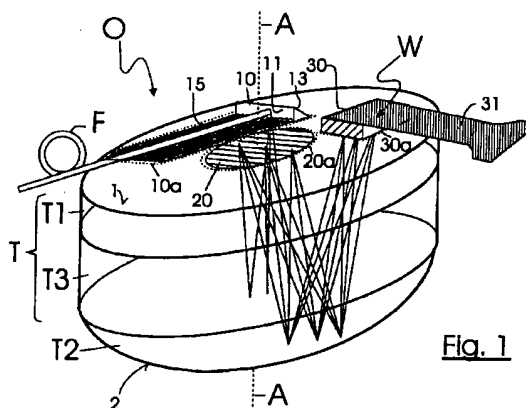


Fig. 1

EP 0 942 266 A1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Spektrometer gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1.

[0002] Die Einsatzbereiche solcher Spektrometer sind vielfältig. Typische Anwendungen sind zum Beispiel in Farbmessgeräten für die grafische Industrie oder die Lebensmittelindustrie, in Geräten für die Steuerung von industriellen Prozessen, in Messgeräten für die klinische Diagnostik, und so weiter.

[0003] Ein bekanntes Spektrometer der gattungsgemässen Art ist beispielsweise in der EP-A-0 489 286 beschrieben. Bei diesem bekannten Messkopf ist der Tragkörper als relativ dicke Bikonvex-Linse ausgebildet, wobei der Lichteintrittsspalt und die als Diodenzeile ausgebildete fotoelektrische Wandleranordnung an der einen und das Reflexionsgitter an der anderen der beiden gekrümmten Flächen der Bikonvexlinse angeordnet sind. Durch diesen Aufbau sollen relativ einfache Herstellbarkeit und Justage bei guter optischer Korrektur erreicht werden.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Spektrometer der gattungsgemässen Art konzeptionell dahingehend zu verbessern, dass es ohne substantielle Einbussen der optischen Eigenschaften einerseits insbesondere serienweise wesentlich einfacher und kostengünstiger als vergleichbare bekannte Spektrometer herstellbar ist und andererseits die Voraussetzungen für eine Miniaturisierung schafft.

[0005] Die Lösung dieser der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ergibt sich aus den im kennzeichnenden Teil des unabhängigen Anspruchs 1 beschriebenen Merkmalen. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0006] Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Spektrometers,

Fig. 2 ein leicht abgewandeltes zweites Ausführungsbeispiel und

Fig. 3 - 5 je eine Detailskizze in grösserer Darstellung.

[0007] Das in Fig. 1 dargestellte Spektrometer umfasst im wesentlichen zwei Hauptkomponenten, nämlich eine als Ganzes mit O bezeichnete Optikanordnung und eine gesamthaft mit W bezeichnete fotoelektrische Wandleranordnung.

[0008] Die fotoelektrische Wandleranordnung W ist beispielsweise durch ein handelsübliches lineares CMOS-Fotodiodenfeld z.B. des Typs S5463-256 von Hamamatsu oder durch eine ebenfalls handelsübliche CCD-Detektormatrix realisiert. Sie umfasst einen übli-

cherweise in ein nicht dargestelltes Detektorgehäuse eingebauten Detektor-Chip 30 mit den darin befindlichen Fotodioden. Zur Verbindung mit einer externen Steuer- und Auswerteelektronik, die hier nicht dargestellt ist, kann z.B. ein Flachbandkabel 31 vorgesehen sein. Solche Fotodiodenfelder und ihre elektrische Ansteuerung sind dem Fachmann - auch im Zusammenhang mit Spektrometern, siehe z.B. die eingangs erwähnte EP-A-0 489 286 - bekannt und bedürfen daher keiner näheren Erläuterung.

[0009] Die Optikanordnung O besteht im wesentlichen aus einem für den interessierenden Wellenlängenbereich im wesentlichen transparenten Tragkörper T, der alle für die spektrale Zerlegung des Messlichts erforderlichen optischen Komponenten enthält. Der Tragkörper T hat äusserlich die Gestalt eines Zylinders mit einer aufgesetzten Kalotte, d.h. er besitzt eine im wesentlichen ebene erste Begrenzungsfläche 1 und eine dieser gegenüberliegende, rotationssymmetrisch sphärisch oder parabolisch gekrümmte, (nach innen) konkave zweite Begrenzungsfläche 2 sowie eine nicht bezeichnete zylindrische Mantelfläche, die jedoch für die Funktion der Optikanordnung unwesentlich ist. Die Ebene der ersten Begrenzungsfläche 1 steht vorzugsweise senkrecht zur Achse A der rotationssymmetrischen zweiten Begrenzungsfläche 2.

[0010] In bzw. an der ebenen ersten Begrenzungsfläche 1 des Tragkörpers T sind eine einen Messlichteintritt bildende Einkopplungsstruktur in Form eines Mikroprismas 10 und ein Reflexionsbeugungsgitter 20 angeordnet. Ebenfalls auf der ersten Begrenzungsfläche 1 des Tragkörpers T ist der Detektor-Chip 30 der Wandleranordnung W angeordnet. Zum Zwecke der einfacheren Herstellung und Justierbarkeit ist das Reflexionsbeugungsgitter 20 eben und ohne Aberrationskorrektur ausgebildet und zentrisch zur Rotationsachse der konkaven Begrenzungsfläche 2 angeordnet.

[0011] Das die Einkopplungsstruktur bildende Mikroprisma 10 besitzt eine zur ersten Begrenzungsfläche 1 im wesentlichen senkrechte Lichteintrittsfläche 11, eine zur Begrenzungsfläche 1 parallele Lichtaustrittsfläche 12 und eine um etwa 45° zu dieser geneigte, z.B. durch eine aufgedampfte Aluminiumschicht verspiegelte Rückfläche 13. Es lenkt somit ihm parallel zur ersten Begrenzungsfläche 1 zugeführtes Messlicht um den doppelten Prismenwinkel um und koppelt es in einen kleinen definierten Winkel zur Rotationsachse A der zweiten Begrenzungsfläche 2 in den Tragkörper T ein. Das Mikroprisma 10 ist vorzugsweise direkt an die Begrenzungsfläche 1 angeformt bzw. an dieser ausgebildet, wobei dann die Lichtaustrittsfläche 12 nicht körperlich vorhanden ist.

[0012] Unmittelbar vor dem Mikroprisma 10 ist an der ersten Begrenzungsfläche 1 eine aus mehreren zur Lichteintrittsfläche 11 des Mikroprismas 10 senkrecht verlaufenden Rillen bestehende Rillenstruktur 15 ausgebildet, deren beispielsweise 16 Rillen vorzugsweise einen V-förmigen Querschnitt aufweisen und beispiels-

weise je etwa 170  $\mu\text{m}$  breit und 100  $\mu\text{m}$  tief sind. Diese Rillenstruktur 15 dient zur Positionierung einer (oder mehrerer) Lichtleitfasern F auf der ersten Begrenzungsfläche 1, über welche Lichtleitfaser das zu analysierende Messlicht dem Mikropisma 10 und damit dem Tragkörper T des Spektrometers zugeführt wird. Das Lichtaustrittsende der Lichtleitfaser(n) ist mittels eines indexangepassten Klebers direkt an der Lichteintrittsfläche 11 des Mikropismas 10 befestigt. Die Befestigung der Lichtleitfaser(n) auf dem Tragkörper T erfolgt in geeigneter Weise (z.B. durch Verklebung) und ist der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.

**[0013]** Die Fig. 3 zeigt die Ausbildung des Mikropismas 10 und die der Rillenstruktur 15 in grösserem Detail.

**[0014]** Die Ausbildung der Einkopplungsstruktur mit einem Umlenkprisma erlaubt die Lichtzuführung parallel zur ersten Begrenzungsfläche 1 des Tragkörpers, wodurch eine wesentlich geringere Bauhöhe des gesamten Spektrometers als bei der herkömmlichen Zuführung senkrecht zur Begrenzungsfläche erreicht wird.

**[0015]** Die Rillenstruktur 15 dient, wie schon erwähnt, der Positionierung der Lichtleitfaser(n) F auf der ersten Begrenzungsfläche 1 des Tragkörpers T, wobei auf einfache Weise eine Zugentlastung und ein Bruchschutz für die Fasern erreicht werden kann. Ferner definiert die Rillenstruktur 15 eine Mehrzahl von wählbaren Einkoppelungspositionen und damit einen weiteren Freiheitsgrad am Ende des Fertigungsprozesses (siehe auch weiter hinten). Im weiteren können, wie ebenfalls schon erwähnt, mehrere Lichtleitfasern F nebeneinander vorgesehen sein, über die Licht von mehreren verschiedenen Lichtquellen oder von ein und derselben Lichtquelle zugeführt werden kann. Im letzteren Fall ergibt sich dadurch einfach eine Erhöhung des Lichtdurchsatzes, während im ersteren Fall die sequentielle Erfassung mehrerer Lichtquellen ohne zusätzlichen optischen Multiplexer möglich ist.

**[0016]** Das Reflexionsbeugungsgitter 20 ist direkt in der ersten Begrenzungsfläche 1 des Tragkörpers T durch eine entsprechende lokale Oberflächenstrukturierung der Begrenzungsfläche und eine auf dieser Oberflächenstrukturierung aufgebrachte Reflexionsbeschichtung gebildet. Typischerweise ist das Reflexionsbeugungsgitter 20 ein Strichgitter mit 800 Linien pro mm. Die Reflexionsbeschichtung besteht für spektrale Messanwendungen im sichtbaren Spektralbereich vorzugsweise aus Aluminium.

**[0017]** Die zweite Begrenzungsfläche 2 des Tragkörpers ist aussen mit einer hochreflektierenden Beschichtung, z.B. einer aufgedampften Aluminium-Beschichtung, versehen und bildet somit (von innen gesehen) einen sphärischen oder parabolischen Konkavspiegel. Wie aus den nachstehenden Ausführungen hervorgeht, wird der Konkavspiegel nur in zwei relativ kleinen Bereichen mit Licht beaufschlagt. Es ist deshalb auch möglich, nicht die gesamte Oberfläche der zwei-

ten Begrenzungsfläche 2 zu verspiegeln, sondern nur die von Licht beaufschlagten Bereiche (Segmente). Auf diese Weise kann einerseits eine bessere Streulichtunterdrückung erreicht werden und andererseits kann dadurch auch die effektive numerische Apertur reduziert und der verfügbare Wellenlängenbereich beeinflusst werden. Auch können so weitere höhere Beugungsordnungen unterdrückt werden. Anstelle zweier diskreter kann natürlich auch ein zusammenhängendes einzelnes Segment der zweiten Begrenzungsfläche verspiegelt sein.

**[0018]** Wie aus der Fig. 1 deutlich wird, weist das Spektrometer einen gefalteten Strahlengang auf, wobei das Messlicht auf seinem Weg vom Lichteinlass (Mikropisma 10) bis zur Wandleranordnung W insgesamt dreimal - einmal am Reflexionsbeugungsgitter 20 und zweimal an der konkaven zweiten Begrenzungsfläche 2 des Tragkörpers T - reflektiert wird. Dadurch wird bei grosser Fokallänge eine sehr kurze Bauform erreicht. Das über die Lichtleitfaser F im wesentlichen parallel zur ersten Begrenzungsfläche 1 zugeführte Messlicht wird vom Mikropisma 10 um den doppelten Prismenwinkel umgelenkt, so dass es im wesentlichen senkrecht zur ersten Begrenzungsfläche 1 (mit einer durch die Lichtleitfaser F gegebenen numerischen Apertur) in den Tragkörper T eintritt. Es wird dann von der konkaven zweiten Begrenzungsfläche 2 ein erstes Mal reflektiert und auf das Reflexionsbeugungsgitter 20 an der ersten Begrenzungsfläche 1 kollimiert. Von diesem wird das Messlicht dann zurück auf die verspiegelte zweite Begrenzungsfläche 2 geworfen, wobei in an sich bekannter Weise gleichzeitig eine räumliche Auftrennung nach Wellenlängen (Dispersion) erfolgt. Nun wird das Messlicht ein zweites Mal an der zweiten Begrenzungsfläche 2 reflektiert und schliesslich auf die Wandleranordnung W gelenkt. Die Abmessungen des Tragkörpers T und die Positionierung des Lichteinlasses 10, des Reflexionsgitters 20 und der Wandleranordnung W, d.h. die optischen Pfade des Messlichts sind dabei so gewählt, dass der austretende, nach Wellenlängen aufgefächerte Strahlengang am Ort der Wandleranordnung W fokussiert wird, so dass die Brennebene des austretenden Strahlengangs mit den lichtempfindlichen Elementen (Fotodioden) im Detektor-Chip 30 der Wandleranordnung zusammenfällt. Die einzelnen, typischerweise je 25  $\mu\text{m}$  breiten Fotodioden des zeilenförmigen Fotodiodenfelds werden somit von Licht unterschiedlicher Wellenlängen beaufschlagt, und die von diesen Fotodioden erzeugten korrespondierenden elektrischen Signale repräsentieren die spektralen Intensitätsanteile des zu analysierenden Messlichts.

**[0019]** Aus dem Vorstehenden und den Figuren 1 und 2 wird ersichtlich, dass beim zugrundeliegenden optischen Konzept des Spektrometers eine konische Diffraktion stattfindet. Diese ist dadurch charakterisiert, dass der i.a. kreisförmige Eingangslichtfleck in der Brennebene des austretenden Strahlengangs als Kreisringsegment erscheint, wobei gleichzeitig ein starker

Astigmatismus auftritt, der die radiale Breite des Kreisringsegments bestimmt. Anstelle der bei herkömmlichen optischen Anordnungen üblichen geraden Brennnlinie ist die Brennnlinie bei der konischen Diffraktion also gekrümmt. Die Krümmung ist jedoch nicht sehr stark ausgeprägt, so dass dadurch keine nennenswerten Fehler entstehen, sofern nur die wirksame Höhe (quer zur Längsrichtung) der einzelnen lichtempfindlichen Elemente (Fotodioden, Pixelhöhe) der Wandleranordnung ausreichend gross ist, was aber auf die für diese Zwecke typischerweise eingesetzten kommerziell erhältlichen Fotodiodenfelder zutrifft.

[0020] Vorzugsweise wird für das Spektrometer ein Fotodiodenfeld verwendet, dessen einzelne Fotodioden eine rechteckige wirksame Fläche aufweisen, beispielsweise etwa 25 µm in Längsrichtung (Breite) und etwa 500 µm in Querrichtung (Höhe). Durch die Reflexion am Konkavspiegel ausserhalb der optischen Achse tritt ein inhärenter Stigmatismus auf, der die Auflösung beeinträchtigt. Durch den gezielten Einsatz konischer Beugung kann der Stigmatismus, die Form der Brennflecken in jeder Wellenlänge, an die unsymmetrische Form der einzelnen Fotodioden angepasst werden. Durch die konische Beugungsanordnung wird so eine verbesserte Wellenlängenauflösung erreicht.

[0021] In Fig. 2 ist eine leicht abgewandelte Form des erfindungsgemässen Spektrometers dargestellt. Es unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel der Fig. 1 im wesentlichen nur dadurch, dass der Detektor-Chip 30 der Wandleranordnung W nicht direkt sondern über einen zumindest teilweise transparenten Abstandshalter 40 auf der ersten Begrenzungsfläche 1 des Tragkörpers T angeordnet ist, wobei dieser Abstandshalter 40 entweder ein aufgeklebtes separates Bauteil oder auch direkt an der ersten Begrenzungsfläche 1 angeformt bzw. ausgebildet sein kann.

[0022] Die Figuren 4 und 5 zeigen den Abstandshalter 40 und die Montage der Wandleranordnung W in grösserem Detail. Fig. 4 zeigt eine typische, als Fotodiodenfeld ausgebildete Wandleranordnung in Untersicht, wobei neben dem Detektor-Chip 30 und dem Flachbandkabel 31 unter anderem auch die hier offen zugänglichen Fotodioden 32 zu erkennen sind. Der Abstandshalter 40 besitzt an seiner Oberseite eine Vertiefung 41, in der sich eine Brücke 42 mit einer ebenen Passfläche 43 befindet. Der Detektor-Chip 30 wird nun so auf dem Abstandshalter 40 befestigt, dass seine Fotodioden 32 unmittelbar auf der Passfläche 43 der Brücke 42 zu liegen kommen. Es versteht sich, dass der Abstandshalter 40 zumindest im Bereich seiner Brücke 42 transparent ist.

[0023] Der Vorteil der Montage der Wandleranordnung W auf einem Abstandshalter 40 gegenüber der Montage direkt auf der ersten Begrenzungsfläche 1 liegt darin, dass durch entsprechende Anpassung der Höhe des Abstandshalters eventuelle Fertigungstoleranzen des (übrigen) Tragkörpers T ausgeglichen werden können, so dass die Fotodioden der

Wandleranordnung W optimal in der Brennebene des Strahlengangs positioniert werden können. Durch gezielte Materialwahl des Abstandshalters 40 können auch die spektralen Transparenz- und Blockierungseigenschaften gezielt eingestellt werden.

[0024] Wenngleich fertigungstechnisch vorteilhaft, so ist es für das optische Konzept des erfindungsgemässen Spektrometers keineswegs erforderlich, dass die erste Begrenzungsfläche 1 durchgehend eben ist. Wesentlich ist lediglich, dass sie ebene, koplanare oder parallel zueinander versetzte Teilbereiche bzw. Teilflächen aufweist, in denen die optischen Mikrostrukturen des Lichteinlasses 10 und des Reflexionsbeugungsgitters 20 sowie der Ankopplung des Detektor-Chips 30 der Wandleranordnung W angeordnet sind. In den gezeigten Ausführungsbeispielen sind diese Teilflächen die von der Rillenstruktur 15 und dem Mikropisma 10 belegte Fläche 10a, die vom Reflexionsbeugungsgitter 20 belegte Fläche 20a und die vom Detektor-Chip 30 belegte Fläche 30a bzw. die ebene Passfläche 43 des Abstandshalters 40.

[0025] Der Tragkörper T besteht vorzugsweise aus einem transparenten Kunststoff, welcher spritzgiessfähig und/oder wärmeverformbar (wärmeprägbare) ist. Geeignete Polymermaterialien sind z.B. Polycarbonate, PMMA, COC, UVT, Degalan und dergleichen, wobei sich die Auswahl des Polymermaterials nach dessen Transmissionseigenschaften bezüglich der interessierenden Wellenlängenbereiche richtet. Aus fertigungstechnischen Gründen ist es vorteilhaft, den Tragkörper T aus mindestens zwei, vorzugsweise drei Teilkörpern zusammenzusetzen und mit einem entsprechend indexangepassten Kleber zu verkitten. Die Figuren 1 und 2 zeigen eine bevorzugte Aufteilung des Tragkörpers in drei Teilkörper T1, T2 und T3. Der erste Teilkörper T1 ist im wesentlichen als relativ dünne Scheibe ausgebildet und weist die erste Begrenzungsfläche 1 mit den schon erwähnten optischen Strukturen auf. Der zweite Teilkörper T2 hat die Gestalt einer relativ dünnen Plankonvex-Linse und weist die zweite, verspiegelte Begrenzungsfläche 2 auf. Der dritte Teilkörper T3 schliesslich ist rein zylindrisch und befindet sich zwischen den beiden anderen Teilkörpern T1 und T2. Seine Funktion besteht lediglich darin, dem ganzen Tragkörper die erforderliche Höhe zu verleihen, so dass die Brennebene des austretenden Strahlengangs in der oder in geringem Abstand zu der ersten Begrenzungsfläche 1 zu liegen kommt. Die drei Teilkörper sind vorzugsweise mit nicht gezeigten mechanischen Strukturen versehen, welche die gegenseitige Ausrichtung beim Zusammenbau erleichtern.

[0026] Die Lage der Brennebene des austretenden Strahlengangs kann, wie schon gesagt, durch entsprechende Bemessung der Dicke (Höhe) des dritten Teilkörpers eingestellt werden. Die Brennebene kann in der Ebene des Reflexionsbeugungsgitters 20 (z.B. Fig. 1) oder etwas darüber (z.B. Fig. 2) oder darunter liegen. Dadurch ist eine optimale Anpassung an verschiedene

Gehäuseformen der Wandleranordnung möglich. Aus Gründen der Streulichtunterdrückung und wegen der einfacheren Justierbarkeit ist es vorteilhaft, einen an die geometrische Gestalt der eingesetzten Wandleranordnung angepassten Abstandshalter 40 vorzusehen, der entweder als separates Bauteil auf die erste Begrenzungsfläche aufgeklebt oder als Mikrostruktur direkt an derselben ausgebildet sein kann. Selbstverständlich kann zwischen dem Tragkörper T und den lichtempfindlichen Elementen der Wandleranordnung auch ein Luftspalt vorhanden sein. Dies ergibt sich z.B. dann, wenn die Fotodioden im Detektorgehäuse nicht direkt zugänglich sind, sondern hinter einem Fenster liegen. In diesem Falle befindet sich die Brennebene des austretenden Strahlengangs dann im geeigneten Abstand über der ersten Begrenzungsfläche, wobei die Feinposition des Detektorgehäuses bzw. des Detektor-Chips vorzugsweise wieder mittels eines Abstandshalters justiert wird.

[0027] Das optische Konzept (gefalteter Strahlengang, Lichtein- und -auskopplung auf einer Seite, ebenes Reflexionsbeugungsgitter) und die Aufteilung des Tragkörpers in Teilkörper ermöglichen eine besonders einfache und kostengünstige Serien-Herstellung des Spektrometers unter Einsatz vergleichsweise günstiger Replikationstechniken wie z.B. Spritzgiessen und Wärmeprägung und Extrudieren. Alternativ ist eine Herstellung durch Giessverfahren mit thermisch oder durch UV- oder Mikrowellen-Strahlung aushärtbaren Kunststoffen auf Kunststoff- oder Glassubstraten möglich. Das optische Konzept ermöglicht ferner eine sehr kompakte Bauweise und schafft damit die Voraussetzungen für eine Miniaturisierung des Spektrometers. Der Tragkörper T der Figuren 1 und 2 ist typischerweise nur rund 22 mm breit (Durchmesser) und rund 18 mm hoch, wobei der Krümmungsradius der zweiten Begrenzungsfläche 2 etwa 31 mm beträgt. Trotz dieser geringen Abmessungen wird mit einem handelsüblichen Fotodiodenfeld als Wandleranordnung immer noch eine spektrale Auflösung von etwa 5-8 nm erreicht.

[0028] Der Herstellungsablauf des Spektrometers kann sich typischerweise wie folgt gestalten:

- Herstellung des Teilkörpers T1 mit den auf ihm enthaltenen Strukturen (Einkopplungsstruktur mit Mikroprisma, Struktur des Reflexionsbeugungsgitters, ggf. Abstandshalter) im Spritzgiessverfahren, wobei die optischen Strukturen auch durch Wärmeprägung erzeugt werden können
- Reflexions-Beschichtung der Rückseite des Mikroprismas und der Beugungsgitter-Struktur durch maskiertes Aufdampfen von Aluminium
- Herstellung des Teilkörpers T2 mit der gekrümmten zweiten Begrenzungsfläche im Spritzgiessverfahren
- Ganzflächige oder teilweise (maskierte) Aufbringung der Aluminium-Reflexionsbeschichtung auf die gekrümmte zweite Begrenzungsfläche

- Herstellung des zylindrischen Teilkörpers T3 im Spritzgiessverfahren oder aus extrudiertem Plattenmaterial
- Anbringung und Justierung der Wandleranordnung auf dem Teilkörper T1
- Verkleben der Teilkörper T2 und T3
- Verkleben und Justieren der Teilkörper T1 und T3 (mit angeklebtem T2)
- Anbringung und Verklebung der Lichtleitfaser F
- Schwärzung der gesamten Anordnung.

[0029] Die Zufuhr des Messlichts in den Tragkörper T erfolgt, wie schon erwähnt, vorzugsweise durch eine Lichtleitfaser F in Kombination mit der an der ersten Begrenzungsfläche 1 in Form des Mikroprismas 10 ausgebildeten Einkoppelstruktur, wobei die Lichtleitfaser den sonst üblichen Eingangsspalt ersetzt. Als Lichtleitfaser F ist beispielsweise eine handelsübliche 100/140 µm Indexgradientenfaser geeignet. Ferner können aber auch Fasern mit kleineren Kernen bis hinunter zu 8 µm Single Mode Fasern und 125 µm Cladding Fasern eingesetzt werden. Für erhöhten Lichtdurchsatz können auch zwei oder mehrere Lichtleitfasern gleichzeitig eingesetzt werden, wobei natürlich die Pixelgrösse der Wandleranordnung W berücksichtigt werden muss. Beispielsweise können bei einer zulässigen Pixelgrösse von 0,5 mm der Wandleranordnung bis zu drei 100/140 µm Indexgradientenfasern gleichzeitig benutzt werden. Bei Verwendung einer Lichtleitfaser mit dickerem Kern kann auch ein Eintrittsspalt (z.B. bis zu 100 µm x 700 µm) vorgesehen sein, der z.B. direkt am Mikroprisma 10 ausgebildet sein kann. Die Befestigung der Lichtleitfasern in der Rillenstruktur 15 auf der Begrenzungsfläche 1 kann z.B. durch Überkleben mit einem Stück Float-Glas erfolgen.

[0030] Durch Zufuhr von Messlicht durch z.B. drei Fasern in benachbarten Rillen der Rillenstruktur 15 kann ein zeitlich sequentieller Drei- bzw. Mehrkanalbetrieb ohne zusätzlichen externen Faser-Multiplexer erreicht werden. Diese Funktion ist im Zusammenhang mit der Durchführung von Wellenlängenkalibrationen und der Messung eines Referenz-Spektrums von wesentlichem Vorteil.

[0031] Das Streulicht-Verhalten des erfindungsgemässen Spektrometers kann durch verschiedene Massnahmen verbessert werden. So lässt sich z.B. die numerische Apertur durch Begrenzung der reflektierenden Bereiche auf der zweiten Begrenzungsfläche reduzieren. Ferner können in der Einkoppelstruktur, speziell auf dem Mikroprisma 10, Spaltmasken angebracht werden. Weiters können zwischen den einzelnen Teilkörpern T1 und T3 bzw. T3 und T2 des Tragkörpers T Masken angeordnet werden. Und schliesslich können z.B. mittels zwischen den Teilkörpern angeordneter oder der Wandleranordnung vorgeschalteter Filter unerwünschte bzw. nicht interessierende Wellenlängenbereiche ausgefiltert werden.

# Patentansprüche

1. Spektrometer mit einer Optikanordnung zum Auf-  
fangen von Messlicht und zur Aufspaltung dessel-  
ben in Spektralanteile und mit einer von den  
Spektralanteilen des Messlichts beaufschlagten  
fotoelektrischen Wandleranordnung zum Umwan-  
deln der Spektralanteile in entsprechende elektri-  
sche Signale, wobei die Optikanordnung (O) einen  
im wesentlichen transparenten Tragkörper (T) auf-  
weist, der im wesentlichen durch zwei gegenüber-  
liegende Begrenzungsflächen (1,2) begrenzt ist  
und an dem ein Reflexionsbeugungsgitter (20) und  
die Wandleranordnung (W) angeordnet sind und  
dem das Messlicht über einen Lichteinlass (10)  
zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der  
Lichteinlass (10), das Reflexionsbeugungsgitter  
(20) und die Wandleranordnung (W) auf der Seite  
der ersten (1) der beiden Begrenzungsflächen (1,2)  
des Tragkörpers (T) angeordnet sind und dass die  
zweite (2) der beiden Begrenzungsflächen (1,2)  
ganz oder teilweise als vorzugsweise rotationssym-  
metrischer, nach innen reflektierender Konkavspie-  
gel ausgebildet ist.
2. Spektrometer nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, dass ein gefalteter Strahlengang vorgese-  
hen ist, bei dem das Messlicht auf seinem Weg vom  
Lichteinlass (10) zur Wandleranordnung (W) zwei-  
mal an der zweiten Begrenzungsfläche (2) des  
Tragkörpers (T) reflektiert wird.
3. Spektrometer nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der  
ersten Begrenzungsfläche (1) optisch wirksame  
Mikrostrukturen vorgesehen sind, welche den  
Lichteinlass (10) und das Reflexionsbeugungsgitter  
(20) bilden.
4. Spektrometer nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das  
Reflexionsbeugungsgitter (20) eben ausgebildet  
ist.
5. Spektrometer nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein  
Strahlengang mit konischen Lichteinfall auf das  
Reflexionsbeugungsgitter (20) vorgesehen ist.
6. Spektrometer nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die  
erste Begrenzungsfläche (1) koplanare oder paral-  
lele ebene Teilflächen (10a, 20a, 30a) aufweist, in  
denen der Lichteinlass (10), das Reflexionsbeu-  
gungsgitter (20) und die Wandleranordnung (W)  
angeordnet sind.
7. Spektrometer nach einem der vorangehenden
8. Spektrometer nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Lichteinlass (10) durch eine an der ersten Begren-  
zungsfläche (1) oder an einer ebenen Teilfläche  
(10a) derselben vorgesehene, ein Mikroprisma (10)  
umfassende Einkopplungsstruktur (10,15) gebildet  
ist, welche das Messlicht in einen relativ kleinen  
Winkelbereich zur Rotationsachse (A) der zweiten  
Begrenzungsfläche (2) in den Tragkörper (T) ein-  
koppelt.
9. Spektrometer nach Anspruch 8, dadurch gekenn-  
zeichnet, dass die Einkopplungsstruktur (10,15)  
eine vorzugsweise im Querschnitt im wesentlichen  
V-förmige Rillenstruktur (15) zur mechanischen  
Positionierung mindestens einer Lichtleitfaser (F)  
relativ zum Mikroprisma (10) aufweist, über welche  
Lichtleitfaser (F) das Messlicht zuführbar ist.
10. Spektrometer nach Anspruch 8 oder 9, dadurch  
gekennzeichnet, dass das Mikroprisma (10) und  
die Rillenstruktur (15) direkt an der ersten Begren-  
zungsfläche (1) des Tragkörpers (T) angeformt  
bzw. ausgebildet sind.
11. Spektrometer nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das  
Reflexionsbeugungsgitter (20) durch eine entspre-  
chende lokale Oberflächenstrukturierung der  
ersten Begrenzungsfläche (1) des Tragkörpers (T)  
in Verbindung mit einer auf der lokalen Oberflä-  
chenstrukturierung angebrachten Reflexionsbe-  
schichtung gebildet ist.
12. Spektrometer nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der  
Tragkörper (T) aus im wesentlichen transparentem,  
durch Druck, Wärme und/oder Strahlungseinwir-  
kung, insbesondere UV-Strahlung härtbarem  
und/oder wärmeverformbarem Kunststoff besteht.
13. Spektrometer nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der  
Tragkörper (T) wenigstens zwei optisch miteinan-  
der verbundene Teilkörper (T1, T2) umfasst, von  
denen ein erster Teilkörper (T1) die erste Begren-  
zungsfläche (1) und ein zweiter Teilkörper (T2) die  
zweite Begrenzungsfläche (2) des Tragkörpers (T)  
aufweist.
14. Spektrometer nach einem der vorangehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper (T) wenigstens drei optisch miteinander verbundene Teilkörper (T1,T2,T3) umfasst, von denen ein erster Teilkörper (T1) die erste Begrenzungsfläche (1) und ein zweiter Teilkörper (T2) die zweite Begrenzungsfläche (2) des Tragkörpers (T) aufweist und ein dritter Teilkörper (T3) zwischen dem ersten und dem zweiten Teilkörper (T1,T2) angeordnet ist.

10

15. Spektrometer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der dritte Teilkörper (T1,T3) im wesentlichen planparallel und der zweite Teilkörper (T2) im wesentlichen plan-konvex ausgebildet sind.

15

16. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der ersten Begrenzungsfläche (1) ein planparalleler Abstandshalter (40) für die Wandleranordnung (W) angeordnet oder ausgebildet ist.

20

17. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es zwei oder mehrere Lichtleitfasern (F) zur Zufuhr von Messlicht von einer oder zwei bzw. mehreren Messlichtquellen aufweist.

25

30

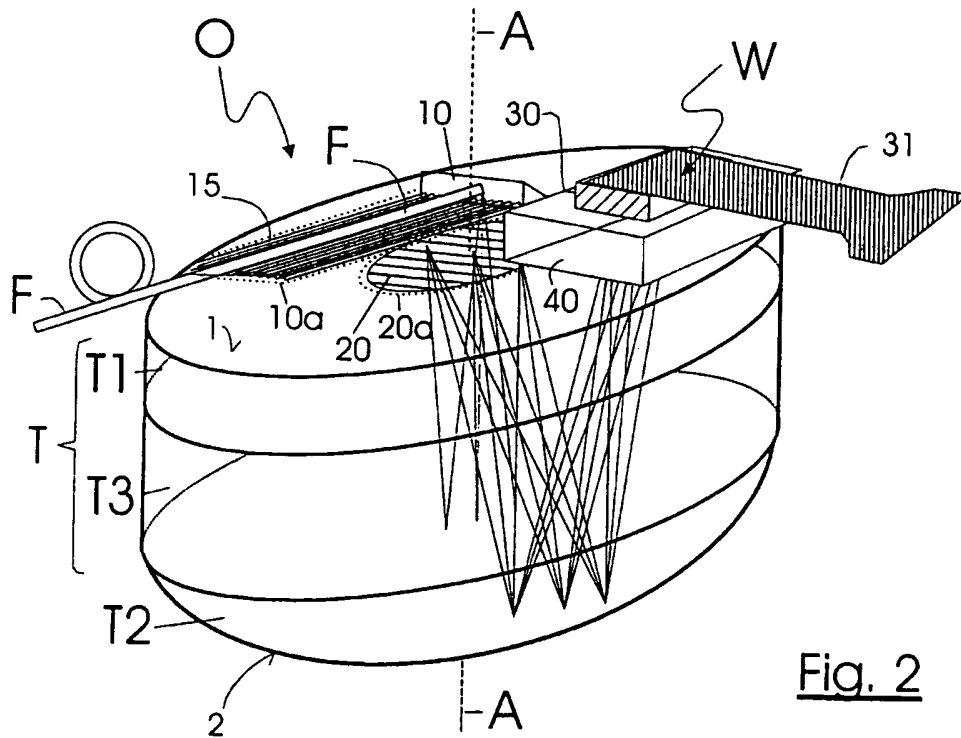
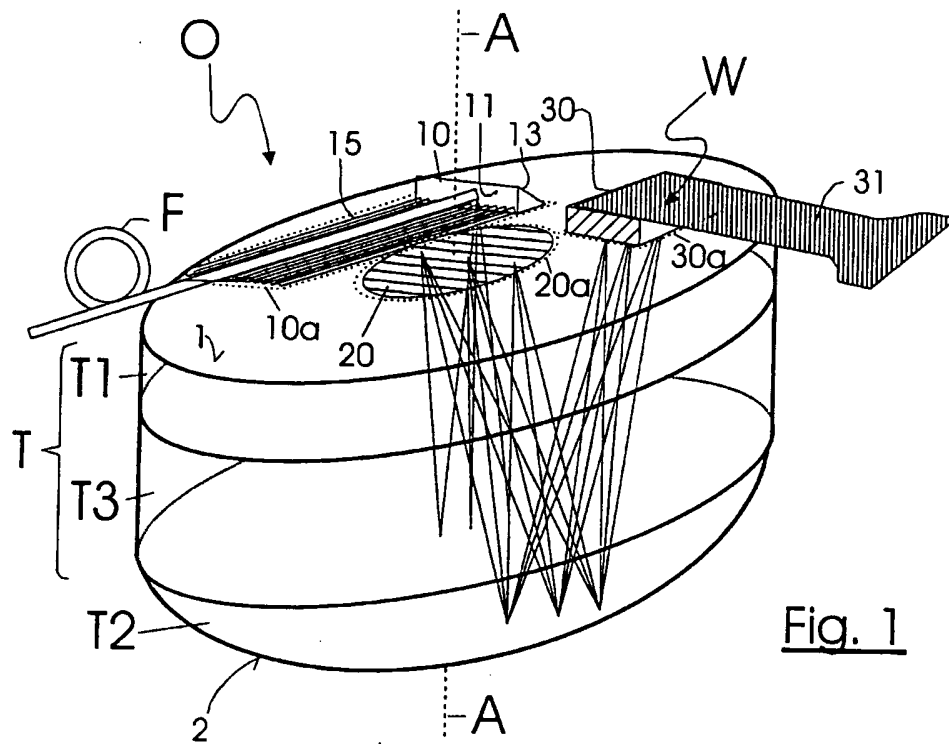
35

40

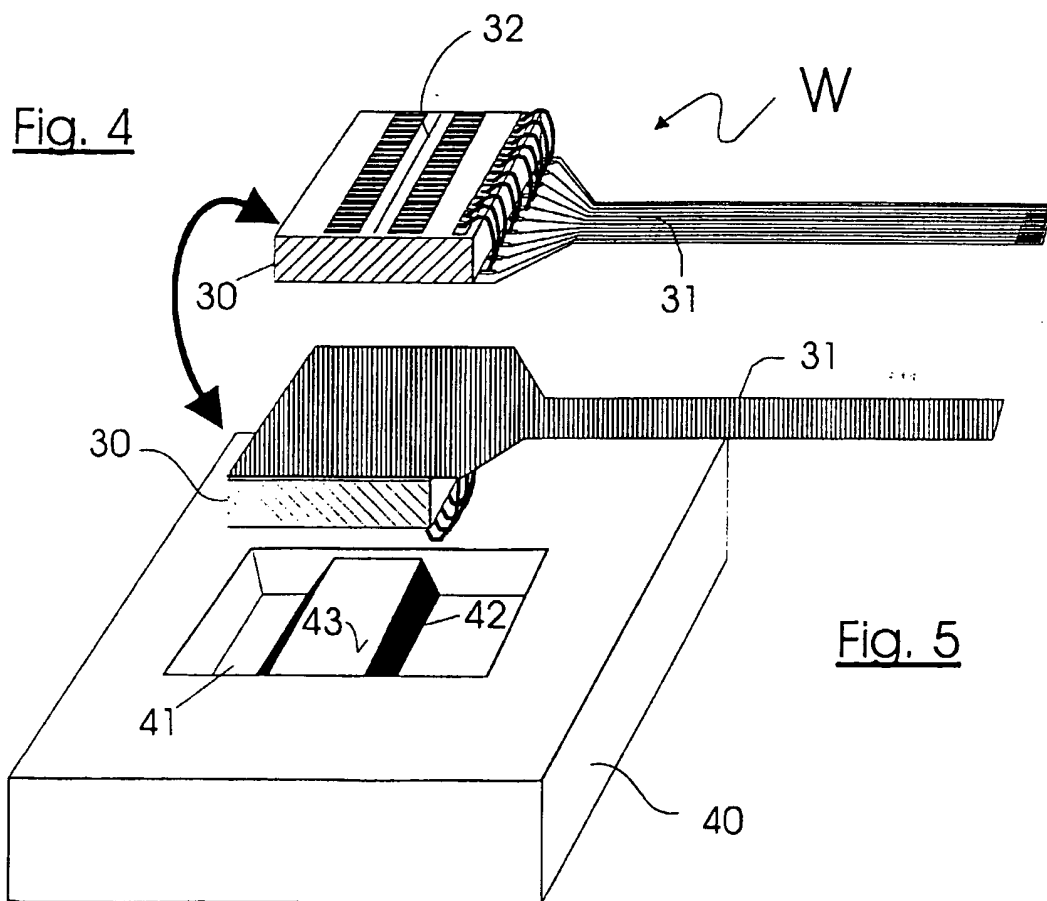
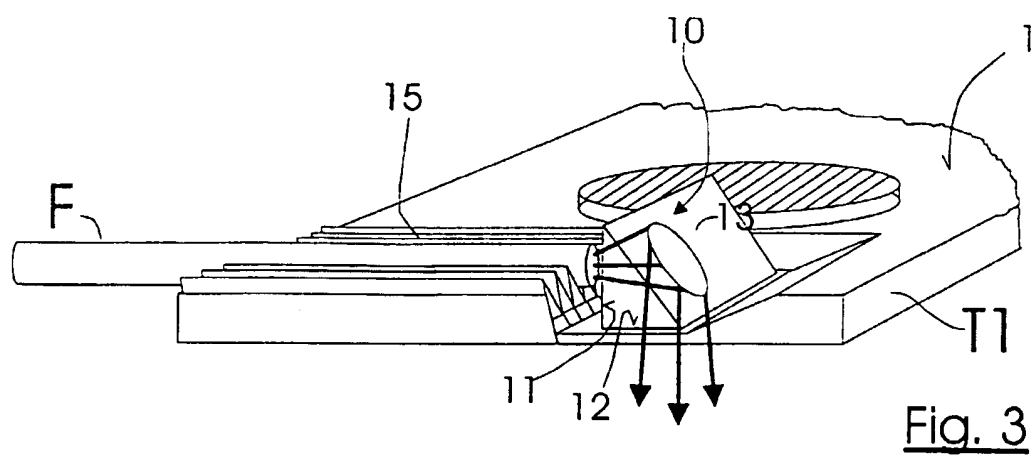
45

50

55









Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 10 4395

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US 4 744 618 A (MAHLEIN HANS F) 17. Mai 1988 * Spalte 1, Zeile 7 - Zeile 14 * * Spalte 2, Zeile 22 - Zeile 45 * * Spalte 2, Zeile 54 - Spalte 3, Zeile 10 *	1-17	G01J3/28 G01J3/18
A	US 4 983 039 A (HARADA TATSUO ET AL) 8. Januar 1991 * Spalte 2, Zeile 65 - Spalte 3, Zeile 31 * Abbildung 1 *	1-17	
A,D	EP 0 489 286 A (ZEISS CARL FA ; ZEISS STIFTUNG (DE)) 10. Juni 1992 * Ansprüche 1-7 *	1-17	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G01J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 4. September 1998	Prüfer Klocke, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtsofortige Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P4/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 10 4395

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

04-09-1998

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4744618      A	17-05-1988	DE      3216516 A	03-11-1983
		EP      0093396 A	09-11-1983
		JP      58199318 A	19-11-1983
-----			
US 4983039      A	08-01-1991	JP      1321325 A	27-12-1989
-----			
EP 0489286      A	10-06-1992	DE      4038638 A	11-06-1992
		AT      126586 T	15-09-1995
		DE      59106269 D	21-09-1995
		JP      4294223 A	19-10-1992
		US      5159404 A	27-10-1992
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

54) **SPECTROMETER**

- 57) A spectrometer comprises an optical arrangement for collecting measurement light and for splitting up the latter into spectral components and a photoelectric converter arrangement, acted upon by the optical components of the measurement light, for converting the spectral components into corresponding electrical signals. The optical arrangement (O) displays a substantially transparent carrier body (T), which body is substantially bounded by opposing boundary surfaces (1, 2) and on which body are arranged a reflection-diffraction grating (20) and the converter arrangement (W) and to which body the measurement light can be conducted via a light inlet (10). The light inlet (10), the level reflection-diffraction grating (20), and the converter arrangement (W) are arranged on the side of the first (1) of the two boundary surfaces (1, 2) of the carrier body (T), and the second (2) of the two boundary surfaces (1, 2) is completely or partially designed as a preferably rotationally-symmetrical, inwardly-reflecting concave mirror. The carrier body (T) consists completely of a transparent plastic and comprises three optically-connected partial bodies (T1, T2, T3), of which a first partial body (T1) displays the first boundary surface (1) and a second partial body (T2) displays the second boundary surface (2) of the carrier body (T), and a third partial body (T3) is arranged between the first and the second (T1, T2) partial bodies. Provided on the first boundary surface (1) are optically effective microstructures that form the light inlet (10) and the reflection-diffraction grating (20). The conducting of the measurement light takes place via one or several fiber-optic conductors (F) running parallel to the first boundary surface (1).

The spectrometer provides the prerequisite for strong miniaturization and is very well suited for a simple and cost-effective mass production.